

УДК 621.791

С. Г. Купцов, М. В. Фоминых, Д. В. Мухинов, Р. С. Магомедова, В. П. Плещев
Уральский федеральный университет,
г. Екатеринбург

ГИБРИДНЫЙ (ЛАЗЕРНО-ИСКРОВОЙ) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ УПРОЧНЯЮЩЕГО ПОКРЫТИЯ

Гибридно электроискровая-лазерная обработка оказывает положительное влияние на эксплуатационные свойства покрытий (шероховатость, толщину, сплошность, адгезию).

Ключевые слова: *лазерно-искровая обработка, толщина, шероховатость, износостойкость.*

S. G. Kuptsov, M. V. Fominyh, D. V. Mukhinov, R. S. Magomedova, V. P. Pleshchev

HYBRID (LASER- SPARK) A METHOD OF APPLYING A REINFORCEMENT COATING

Hybrid spark -laser treatment shows a positive effect on the performance properties of coatings (roughness, thickness , continuity , adhesion).

Keywords: *laser spark processing , thickness, roughness , wear resistance.*

В настоящее время интенсивно развиваются гибридные методы модификации поверхностей [1–5], позволяющие, как правило, синергетически совместить преимущества отдельных процессов. В работах [1–5] приведены примеры одновременного применения гибридных процессов (лазерного и дугового, лазерного и плазменного, свето-лазерного, лазерно-индукционного и пр.).

Но как показывает практика одновременное применение различных высокоэнергетических процессов не всегда возможно. В данной работе рассматривается последовательное применение электроискрового и лазерного процессов.

Электроискровая обработка (ЭИО) проводилась на установке Элитрон-52А. Лазерная обработка на универсальной установке серии НТФ, построенной

на базе высокотехнологичных твердотельных лазеров. В качестве обрабатываемого металла использовалась сталь 40Х. Для упрочнения использовался твердый сплав ВК8. Нумерация образцов и технологические режимы электроискровой обработки приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Технологические параметры режимов установки ЭЛИТРОН – 52А

Образец	Режим ЭИО	Емкость, мкФ	Рабочий ток, А
8	Рс-1	480	10-15
0	Рс-2	480	20-30
46	РС-3	480	60-80
T5K10	ТТ-3	120	1,5
88	ТТ-6	300	2,9
4	ТТ-9	1560	11,5

Таблица 2

Технологические параметры режимов установки ЭЛИТРОН – 52А

Образец	Режим ЭИО	Параметры режима ЭИ.	
		Исв, А	Уд, В
76	К1	12-15	20-30
00	К2	16-18	40-50
44	К3	20	64-70
77	К4	20-22	80-90
98	К5	10	100

Параметры режимов лазерной обработки приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры режимов лазерной обработки поверхности

Образец	Уд, В	Шаг (по оси у), мм	Шаг (по оси х), мм	Частота, Гц	Фокусировка	Длительность импульса, мс	Форма импульса	Режим
8	260	0,2	0,35	6	8	5	Колокол	2.2
0	320	0,2	0,5	6	9	7	гребенка	1.2
46	300	0,2	0,5	6	10	7	гребенка	1.1
T5K10	300	0,2	0,5	6	10	7	гребенка	1.1
88	260	0,2	0,3	6	8	5	Колокол	2.1
4	260	0,2	0,4	6	8	4,5	Колокол	2.4
76	260	0,2	0,35	6	9	5	Колокол	2.3
00	300	0,2	0,4	6	9	5	Колокол	2.5
44	300	0,2	0,5	6	8	5	Колокол	2.6
77	320	0,2	0,5	6	10	5	Колокол	2.7
98	300	0,2	0,5	6	10	7	гребенка	1.1

Работа проводилась следующим образом: сначала проводилась электроискровая обработка, затем лазерная обработка, затем опять электроискровая обработка и лазерная обработка. После каждой обработки измерялись толщина покрытия, шероховатость, привес образца и износоустойчивость.

Измерения толщины покрытий проводились при помощи микрометра МК 0–25 ММ ГОСТ 6507–60, с точностью измерений 0,01 мм.

Измерения массы образцов проводились на аналитических весах ВЛА-200г – М с помощью разновесов.

Измерения шероховатости проводились цифровым многобортовым индикатором, предназначенным для абсолютных и относительных линейных измерений. ГОСТ 9696–75.

Исследования износоустойчивости проводились на установке «Хаводра Бринелля».

Результаты экспериментов приведены в таблицах 4 и 5, на рисунке ниже.

Таблица 4

Толщина покрытий образцов, мм

	Искра №1	Лазер №1	Искра №2	Лазер №2
8	0,065	0,017	0,037	0,030
0	0,115	0,100	0,210	0,163
46	0,160	0,097	0,197	0,120
T5K10	0,020	-0,020	-0,010	-0,007
88	0,005	0,005	-0,022	-0,022
4	0,060	0,048	0,092	0,065
76	0,045	0,008	0,062	0,022
00	0,110	0,045	0,122	0,055
44	0,170	0,120	0,200	0,140
77	0,160	0,077	0,193	0,123
98	0,140	0,080	0,183	0,123

Таблица 5

Изменения среднего значения шероховатости покрытий образцов, мм

образец	Режим ЭИО	Режим лазера	ОМ	Искра№1	Лазер№1	Искра№2	Лазер№2
46	RC-3	1.1	0,037	0,091	0,033	0,068	0,043
T5K10	TT-3	1.1	0,020	0,029	0,024	0,014	0,032
88	TT-6	2.1	0,037	0,032	0,009	0,012	0,026
8	Rc-1	2.2	0,015	0,003	0,018	0,009	0,019
44	3к	2.6	0,031	0,092	0,049	0,036	0,024
0	Rc-2	1.2	0,063	0,044	0,036	0,047	0,053
4	TT-9	2.4	0,040	0,025	0,009	0,019	0,010
77	4к	2.7	0,028	0,056	0,018	0,038	0,044
98	5к	1.1	0,041	0,026	0,036	0,030	0,036
00	2к	2.5	0,064	0,062	0,007	0,028	0,024
76	1к	2.3	0,105	0,084	0,041	0,026	0,044



График убыли массы в зависимости от времени трения (10 сек, каждый период)

По результатам проведенных исследований, можно сделать следующие выводы о влиянии лазерной обработки на ЭИ – покрытие.

Лазерная обработка ЭИ – покрытия оказывает положительное влияние на шероховатость покрытия, то есть, уменьшая ее. Это можно видеть по результатам соответствующим образцам 46, 4, 44 и 00 (табл. 5).

Следует отметить, что 1-ая лазерная обработка также показало положительные изменения по износостойкости, увеличив ее (рисунок). Это можно объяснить тем, что лазер увеличивает подвижность атомов, тем самым ускоряя процессы диффузии, что позволяет получать хорошее сцепление основы материала с нанесенным покрытием при ЭИЛ [7].

Также, лазерная обработка способствует увеличению твердости покрытия и переходной зоны образцов. Твердость наплавленного материала после ЭИН составляет от 40 до 49,5 HRC. Твердость переходной зоны под наплавленным материалом после ЭИН составляет до 42 HRC. Твердость наплавленного материала после ЭИН + оплавление лазером составляет от 42,5 до 58 HRC. Твердость переходной зоны под наплавленным материалом после ЭИН + оплавление лазером составляет от 38 до 52 HRC. При твердости металла основы до 24 HRC.

Положительные эффекты от лазерной обработки ЭИ – покрытия, во многом определяются, рациональным выбором режимов как ЭИЛ, так и лазерной обработки.

Наиболее рациональной технологией нанесения гибридного ЭИ – лазерного покрытия, являются режимы используемые для обработки следующих образцов: 98, 00, 44, которые показали наилучшие свойства и качества покрытий по результатам данного исследования. Режимы ЭИО для образцов 98: $I_{св} = 10 \text{ A}, U_d = 100$;

00: $I_{св} = 16 \div 18 \text{ A}, U_d = 40 \div 50$; 44: $I_{св} = 20 \text{ A}, U_d = 64 \div 70$.

Режимы лазерной обработки для образцов: 98 – 1.1, 00 – 2.5, 44 – 2.6 (табл. 3).

Список литературы

1. Специальные методы сварки : учеб. пособие / авт.-сост. Л. П. Налъберская. – Нижний Тагил : НТИ (ф) УрФУ, 2010. – 160 с.
2. Лащенко Г. И. Способы дуговой сварки стали плавящимся электродом. – Киев : Екотехнологія, 2006. – 384 с

3. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Чирков А. М. Гибридные технологии лазерной сварки : учебное пособие. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 52 с.
4. Литвинов А. П. Направления развития комбинированных и гибридных технологий сварки и наплавки // Автомат. сварка. – 2009. – № 1. – С. 48–52.
5. Алешин Н. П., Лысак В. И., Лукьянов В. Ф. Современные способы сварки: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 59[1] с.
6. Установка «ЭЛИТРОН–52А». Инструкция по электроэрозионной обработке. 1988.
7. Верхотуров А. Д., Муха Н. И. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. – Киев : Техника, 1982. – 181 с.